



S/N 10/698,221

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant:	MINEMOTO et al.	Examiner:	Unknown
Serial No.:	10/698,221	Group Art Unit:	Unknown
Filed:	October 31, 2003	Docket No.:	10873.1337US01
Title:	ULTRAVIOLET ACOUSTOOPTIC DEVICE AND OPTICAL IMAGING APPARATUS USING THE SAME		

CERTIFICATE UNDER 37 CFR 1.8:

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, with sufficient postage, in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on January 23, 2004.

By: 

Name: Jennifer Holden

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT(S)

Commissioner for Patents
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants enclose herewith one certified copy of a Japanese application, Serial No. 2002-320893, filed November 5, 2002, the right of priority of which is claimed under 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

MERCHANT & GOULD P.C.
P.O. Box 2903
Minneapolis, MN 55402-0903
(612) 332-5700

Dated: January 23, 2004

By: 

Douglas P. Mueller
Reg. No. 30,300

DPM/jh

23552

PATENT TRADEMARK OFFICE

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年11月 5日

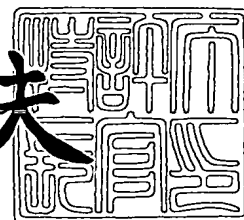
出願番号
Application Number: 特願2002-320893
[ST. 10/C]: [JP2002-320893]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2003年10月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3086720

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022040335

【提出日】 平成14年11月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/11

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 峯本 尚

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109667

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011305

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 紫外光用音響光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高周波信号入力部と、高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部と、前記機械振動により光学的な特性が変化する音響光学媒体とを含む紫外光用音響光学素子であって、前記音響光学媒体に入射する光の波長が 380nm 以下の紫外光であり、かつ音響光学媒体が少なくともホウ素を媒体の主成分の 1 つとして含む酸化物単結晶からなることを特徴とする紫外光用音響光学素子。

【請求項 2】 音響光学媒体が少なくともアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有することを特徴とする請求項 1 記載の紫外光用音響光学素子。

【請求項 3】 音響光学媒体が $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶であることを特徴とする請求項 2 記載の紫外光用音響光学素子。

【請求項 4】 音響光学媒体が希土類元素を主成分として含有することを特徴とする請求項 1 記載の紫外光用音響光学素子。

【請求項 5】 音響光学媒体が $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{B}_3\text{O}_3)_3$ 結晶であることを特徴とする請求項 4 記載の紫外光用音響光学素子。

【請求項 6】 高周波信号入力部と、高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部と、前記機械振動により光学的な特性が変化する音響光学媒体とを含む紫外光用音響光学素子であって、前記音響光学媒体に入射する光の波長が 380nm 以下の紫外光であり、かつ音響光学媒体が LiNbO_3 結晶からなることを特徴とする紫外光用音響光学素子。

【請求項 7】 高周波信号入力部と、高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部と、前記機械振動により光学的な特性が変化する音響光学媒体とを含む紫外光用音響光学素子であって、前記音響光学媒体に入射する光の波長が 380nm 以下の紫外光であり、かつ前記音響光学媒体は MgO がドーピングされた LiNbO_3 結晶からなることを特徴とする紫外光用音響光学素子。

【請求項 8】 MgO がドーピングされた量が 7% 以下である請求項 7 記載の紫外光用音響光学素子。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、音響光学変調素子、音響光学偏向素子、音響光学フィルタあるいは音響光学周波数シフタ等の音響光学素子に関するものであり、特に、波長380nm以下の紫外光用の音響光学変調素子、音響光学偏向素子、音響光学フィルタあるいは音響光学周波数シフタ等の音響光学素子に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

従来、アルゴンレーザやヘリウムネオンレーザの可視光用音響媒体として、 TeO_2 結晶や PbMoO_4 結晶が用いられてきた。一方、近年波長のより短い紫外光を利用した、例えばYAGレーザの3倍波・4倍波や各種紫外光源と音響光学素子の組み合わせが検討されている。なお、ここで音響光学素子としては、音響光学変調素子、音響光学偏向素子、音響光学フィルタ、音響光学周波数シフタ等をさす。

【0003】

従来の紫外域の音響光学変調素子の媒体としては、石英ガラス、水晶、KDP結晶等が用いられてきた（非特許文献1、2）。

【0004】

一方 LiNbO_3 （以下、「LN」と称す）結晶を用いた音響光学素子も報告されているが、波長400nm以上で用いるものであった（非特許文献2）。

【0005】**【非特許文献1】**

Proceeding IEEE Ultrasonic Sympo Vol.1998 pp1289-1292 (1998)

【非特許文献2】

Proceeding of the IEEE Vol.61 No8 pp.1073-1092(1973)

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

上記従来の PbMoO_4 結晶を用いた音響光学素子では、 PbMoO_4 結晶その吸収端波長は410nm程度であり波長380nm以下の光を透過しない。また TeO_2 結晶を用いた音響

光学素子では、 TeO_2 結晶の吸収端波長は約330nmであるが、本願発明の実施の形態に示すようにパワーの大きな用途には適さないという課題があった。

【0007】

また、石英ガラス、水晶やKDP結晶を用いた音響光学素子では、音響光学性能が小さく、素子を駆動するための高周波電源が大きくなり、音響光学素子の発熱をおさえるために素子を水冷する必要があるという課題があった。またKDP結晶を用いた音響光学素子では、水晶は水溶性の結晶であるため耐湿構造が困難であるという課題があった。また、水晶では結晶が硬いために、それを音響光学媒体として利用する時素子加工に著しく時間がかかるという課題があった。

【0008】

また、LN結晶を用いた音響光学素子では、光損傷やレーザダメージにより、特に短波長用途の音響光学素子には不向きと考えられていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は高周波信号入力部と、高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部と、前記機械振動により光学的な特性が変化する音響光学媒体とを含む紫外光用音響光学素子であって、前記音響光学媒体に入射する光の波長が380nm以下の紫外光であり、かつ音響光学媒体が少なくともホウ素を媒体の主成分の1つとして含む酸化物単結晶からなることを特徴とする紫外光用音響光学素子を用いることであり、望ましくは音響光学媒体が少なくともアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有す酸化物単結晶であり、さらに望ましくは $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶であることを紫外光用音響光学素子を用いることである。

【0010】

また別の好ましい様態は、音響光学媒体が希土類元素を主成分として含有する酸化物結晶を用いることであり、より望ましくは音響光学媒体が $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 結晶からなる紫外光用音響光学素子を用いることである。

【0011】

また別の好ましい様態によれば、少なくとも高周波信号入力部と、高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部と、前記機械振動により光学的な特性

が変化する音響光学媒体とを含む紫外光用音響光学素子であって、前記音響光学媒体に入射する光の波長が380nm以下の紫外光であり、かつ音響光学媒体がLiNbO₃結晶、またはMgOがドーピングされたLiNbO₃結晶である紫外光用音響光学素子を用いることである。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。なお、本発明は下記の実施の形態に限定されるものではない。

【0013】

本発明の紫外光用音響光学素子の一例を図1に示す。図1において、外部から高周波信号が入力される高周波信号入力部1と、高周波信号入力部から出力される高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部2と、トランスデューサ部2に接続された音響光学媒体3とを含むことで紫外光用音響光学素子を構成している。

【0014】

入射光は紫外光領域であり、具体的には380nm以下の波長である。この入射光を音響光学媒体3に入射させ、音響光学媒体3をそのまま透過したのが出射光である。また、入射光が音響光学媒体3に入射し、音響光学媒体3で回折されたのが回折光である。回折光の回折角は、高周波信号入力部に印可する高周波信号の周波数により変化し、回折光の回折効率も、高周波信号入力部に印可する高周波信号の大きさにより変化する。

【0015】

音響光学媒体3としては、ヘリウムネオン（波長633nm）やアルゴンレーザー（波長515nm、488nm）用によく使用されているPbMoO₄結晶が従来から用いられているが、PbMoO₄結晶の吸収端波長が410nm程度であるため、波長380nm以下の紫外光を透過しないので、本実施の形態に用いることは難しい。また、TeO₂結晶では、その吸収端波長は約330nmであるが、大きな紫外光強度を入射した場合、レーザダメージにより使用できなくなる場合があるので、本実施の形態に用いることは難しい。

【0016】

一方、音響光学媒体3としてLN結晶を用いた音響光学素子も、波長400nm以上の可視光用途であり、従来波長380nm以下の紫外光用に検討された例はないことが、前述の非特許文献2で示したが、本発明ではLN結晶を用いた場合でも、CWとしてのパワーが小さな場合は光損傷が問題にならないこと及びピークパワーの大きな場合に発生するレーザダメージにも従来から用いられているTeO₂結晶より大きなレーザダメージを示すことを初めて見出したものである。さらにMgOをドーピングしたLN結晶では紫外光の入射パワーを考慮すれば、光損傷やレーザダメージの影響を回避して紫外光用の音響光学素子を実現できることを初めて見出したものである。

【0017】

また、多くのホウ素を含有する酸化物単結晶では吸収端が250～160nmであり短波長の紫外光をよく透過する。またホウ素を含有する酸化物結晶を光学材料として用いた場合、ホウ素酸化物の非局在電子に由来して電子分極が大きくなり、従って吸収端波長が短い割に屈折率を大きくすることができる。したがって、音響光学素子3として、ホウ素を含有する酸化物単結晶を用いることが望ましい。

【0018】

ここで、音響光学媒体の性能定数M₂は

$$M_2 = n^6 p^2 / \rho v^3$$

ここでn:媒体の屈折率 p:光弾性定数 ρ:媒体の密度

v:媒体中の音速

と表されるので、短波長用での屈折率の大きな媒体は音響光学媒体として有効である。

【0019】

また音響光学媒体としてLi₂B₄O₇結晶を用いた場合は、3～4インチ程度の大形の結晶が利用でき、また加工も比較的容易であるため、媒体のコストを押さえることが可能となる。また媒体の吸収端波長は約160nmであり、例えばYAGの第5高調波やエキシマレーザの音響光学媒体として用いることも可能である。

【0020】

また音響光学媒体として $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ を用いた場合、希土類元素を含むことによりホウ素のみを含有する場合より媒体の屈折率を高くすることが可能となり、その結果音響光学性能M2を向上させることが可能となる。さらに希土類元素の位置を全部Yとした物は、波長220nm程度まで光吸収がないため、例えばYAGレーザの第4高調波（波長266nm）の音響光学素子用媒体として使用することが可能である。また希土類元素を含有することにより耐湿性が高い音響光学媒体となるので、素子として用いた場合特に耐湿性を考慮した設計が不要となるという特徴がある。さらに、加工上も水晶よりは柔らかい材料が多いため、比較的容易に切断・研磨等の加工を行うことが可能となる。

【0021】

以下、実施例を用いてさらに詳細に説明する。

【0022】

（実施例1）

紫外光に対するレーザダメージ、光損傷を調べるために、各種単結晶材料に関して、YAGレーザの3倍高調波を光源とするレーザを用いて耐光性を評価した結果を表1に示す。結晶としては、従来から用いられている TeO_2 結晶、LN、 MgO ：LN、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、 $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ の結果を示す。

【0023】

【表 1】

材料	レーザーダメージ閾値 絶対値(kW/mm ²)	レーザーダメージ閾値 相対値	光損傷有無
TeO ₂	29	1	なし
LN	87	3	あり
MgO:LN	57-87	2-3	なし
Li ₂ B ₄ O ₇	120以上	4以上	なし
(GdY) ₁ Ga ₄ O(BO ₃) ₃	120以上	4以上	なし

【0024】

これらの媒体の中では、 TeO_2 結晶が最もレーザダメージに弱いことがわかる。したがって、特にパワーの大きな用途には適さない。またLN及び $\text{MgO}:\text{LN}$ は TeO_2 に比べて2倍から3倍程度大きなレーザダメージ閾値を示した。特に $\text{MgO}:\text{LN}$ に関しては、 MgO が5～7%が限界であり、それより大きなドーパ量の $\text{MgO}:\text{LN}$ は著しくレーザダメージに弱い音響光学媒体であった。また、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶、及び $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 結晶では、レーザダメージ閾値は TeO_2 結晶の4倍以上であり、この測定ではダメージの測定をできなかった。

【0025】

以上の結果より従来から用いられている TeO_2 結晶に比べてLN、 $\text{MgO}:\text{LN}$ 、及びホウ素を主成分に含有する酸化物単結晶が大きなダメージ閾値を示すことがわかる。

【0026】

次に光損傷に関して、前記音響光学媒体について評価した。光源としてはアルゴンレーザ（波長364nm）を用いサンプル位置でのレーザ強度は $1.8\text{ kW}/\text{m}^2$ の条件でおこなった。従来から知られているように、 MgO をドーパしないLN結晶に関して、光損傷（ビームパターンの乱れ）が観測されたが、他の TeO_2 、 $\text{MgO}:\text{LN}$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 及び $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 結晶では同条件で光損傷は観測されなかった。

【0027】

したがって、LN結晶としては特に MgO をドーパした結晶で光損傷が小さく、音響光学媒体として適していると考えられる。また $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶及び $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 結晶では光損傷が観測されなかったことにより、ピークパワーの大きな場合にも、連続光の場合にも適応可能であると考えられる。

【0028】

次に図1に示すような音響光学変調素子を作成し、各種音響光学媒体を用いて音響光学効果を確認した。ここでは、トランスデューサ部2と音響光学媒体3の音響インピーダンス及び高周波信号発生器とトランスデューサ部2の電気的なインピーダンスが最適化させていないため、必ずしも音響光学性能をそのまま反映していない。しかし光源として波長355nmのパルスNdYAGレーザの3倍高調波を用

いた場合、入射高周波信号が2～3 Wに対し、回折効率は（表2）に示したように5～20 %程度であった。また、この時、音響光学素子の水冷などは特に不要であった。

【0029】

【表2】

材料	回折効率 (%)
LN	20
MgO:LN	20
$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$	5
$(\text{GdY})_1\text{Ga}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$	6

【0030】

（実施例2）

図1と同様の音響光学素子を作成し、波長360～380nm帯のGaN系LEDを用いて実施例1と同様に音響光学性能を評価した。なおLEDの最大出力は約2 mWのものを用了。

【0031】

このとき、RF信号の入力パワーが2 Wに対し回折効率は（表3）に示すように4～15 %程度であった。実施例1に比べて、回折効率が小さくなったのは、入射光の波長がわずかに長くなったことと、光源の単色性が悪くなったためと考えられる。またこの範囲に入射光パワーに於いては、通常のLN単結晶を用いた場合でも、光損傷は観測されなかった。

【0032】

【表 3】

材料	回折効率 (%)
LN	1.5
MgO:LN	1.5
$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$	4
$(\text{GdY})_1\text{Ga}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$	5

【0033】

(実施例 3)

図 1 と同様の音響光学素子を作成し、波長266nmのYAGの第 4 高調波の音響光学性能を評価した。この時、LN 及びMgO:LNは266nmの紫外光を透過しないので、音響光学素子として使用することができなかった。 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶及び $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ を用いた音響光学素子の回折効率は(表 4)に示すように 6 ~ 8 %であった。

【0034】

【表 4】

材料	回折効率 (%)
LN	—
MgO:LN	—
$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$	6
$(\text{GdY})_1\text{Ga}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$	8

【0035】

以上、本願発明によれば波長 380 nm 以下の紫外光用音響光学素子を実現できる。また、この時光損傷やレーザダメージのない音響光学素子とすることが可能である。

【0036】

なお、本実施の形態では各種ホウ素を含む酸化物結晶として、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶や $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 結晶を用いた場合を示したが $\text{YCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 、 $\text{LaCa}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ をまた $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、 LiB_3O_5 、 $\alpha\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 結晶などを用いることができることはもちろんである。

【0037】

また、音響光学素子として、音響光学変調素子の一例を示したが、本発明はこれに限ることなく、音響光学偏向素子、音響光学フィルタ、音響光学周波数シフタ等の波長 380 nm 以下の音響光学素子に用いることができる。

【0038】

【発明の効果】

本発明は前述で説明した通りの構成を有することで以下の効果を奏する。

【0039】

(1) 波長380nm以下の紫外光用音響光学媒体として、特にホウ素を含有した酸化物結晶を用いることにより、レーザダメージや光損傷のない音響光学素子を実現できる。

【0040】

(2) 特に希土類元素とホウ素を含有した酸化物結晶を音響光学媒体に用いた場合、希土類元素含有により屈折率が向上するので、吸収端波長が短い割に高い音響光学性能が期待できる。

【0041】

(3) LN結晶やホウ素含有酸化物結晶は従来のKDP結晶のような大きな水溶性や水晶のような非常に硬い加工性が低いという欠点がなく、実用上利用しやすい媒体であり、安価な紫外光用音響光学素子を実現することが可能となる。

【0042】

(4) 特にホウ素含有酸化物結晶として $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 結晶や $(\text{GdY})_1\text{Ca}_4\text{O}(\text{BO}_3)_3$ 結晶を用いた場合、3インチ～4インチ程度の大型の結晶を利用することができ、媒体コストを安価に押さえることが可能となる。

【0043】

以上本願発明によれば、紫外光で利用できるレーザダメージや光損傷の無い比較的効率の高い紫外光用音響光学素子を安価に実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

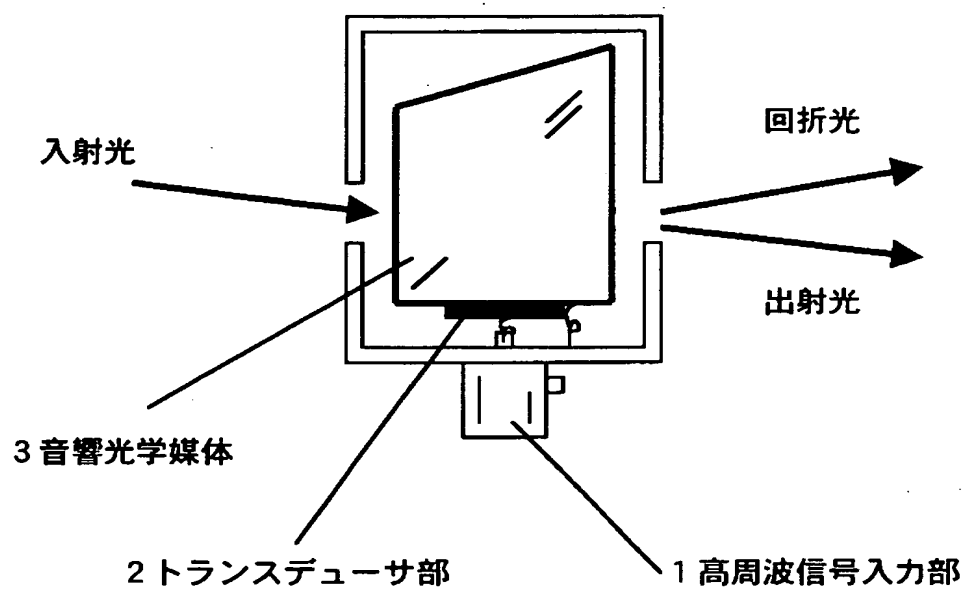
本発明の第1の実施の形態による音響光学素子の構成を示す図

【符号の説明】

- 1 高周波信号入力部
- 2 トランスデューサ部
- 3 音響光学媒体

【書類名】 図面

【図 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 波長380nm以下の紫外光で 사용할 ことができ、パワーの大きな用途に適する音響光学素子が実現されていなかった。

【解決手段】 少なくとも高周波信号入力部と、高周波信号を機械振動に変換するトランスデューサ部と、前記機械振動により光学的な特性が変化する音響光学媒体とを含む紫外光用音響光学素子であって、音響光学媒体として主成分の1つに少なくともホウ素を含む酸化物結晶か又はLiNbO₃結晶を用いた波長380nm以下の紫外光用音響光学素子を利用する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 2 0 8 9 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社